

УДК 681.5

У.І. ЛЕФТЕР, НТУ «ХП», Харків, Україна

Ю.І. ДОРОФЄВ, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХП», Харків, Україна

Структурний і параметричний синтез ПІД-регулятора для систем із транспортним запізненням

В теорії автоматичного керування під запізненням розуміють відставання у часі реакції об'єкта керування на зовнішній вплив. Явище запізнення зустрічається в об'єктах різноманітної фізичної природи. Воно спостерігається не тільки у техніці, але й у біології, економіці та істотно впливає на стійкість та якість процесів керування [1].

В технологічних процесах часто зустрічається такий вид запізнення, який називають транспортним. Таке запізнення утворюється, коли, наприклад, речовина або енергія переміщується з визначеною швидкістю з однієї точки в іншу без будь-якої зміни їх властивостей та характеристик. Прикладом об'єкта з транспортним запізненням є стан холодної прокатки металу, де датчик товщини листа за конструктивними повідомленнями не може перебувати безпосередньо під валками, а тільки на деякому віддаленні від них. Внаслідок цього вихідна величина об'єкта – товщина листа – має транспортне або «чисте» запізнення щодо регулюючого впливу – ступеня обтиску металу валками.

Якщо об'єкту притаманне транспортне запізнення, модель об'єкта розглядають як послідовне з'єднання моделі без запізнення та ланки чистого запізнення. Рівняння, яке описує таку систему, має вигляд:

$$W_{\tilde{n}\tilde{c}\tilde{d}\tilde{t}} = W_{\tilde{a}\tilde{d}\tilde{c}\tilde{d}\tilde{t}} \cdot e^{-pL}, \quad (1)$$

де L - величина транспортного запізнення.

При моделюванні експоненціальну функцію, яка описує запізнення, необхідно апроксимувати за допомогою дрібно-раціональних функцій. Для цього на практиці зазвичай використовується апроксимація Паде [2].

Пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) регулятор – це пристрій, який використовується в системах автоматичного керування для формування керуючого сигналу з метою отримання необхідних точності і якості перехідного процесу [3]. ПІД-регулятор формує керуючий сигнал, який є сумою трьох сигналів, перший з яких є пропорційним вхідному сигналу регулятора, другий є пропорційним інтегралу від вхідного сигналу, третій – похідний від вхідного сигналу.

Метою роботи є розробка методики структурного синтезу ПІД-регулятора для об'єкта з транспортним запізненням та налаштування параметрів системи керування у відповідності до заданих вимог.

Для керування об'єктами з великим транспортним запізненням використовують спеціальні структури ПІД-регуляторів, що містять блоки для прогнозування поведінки об'єкта. Однією зі структур, що призначені для керування об'єктами з запізненням, є предиктор Сміта [4]. Метою використання

предиктора Сміта є прогнозування, який сигнал буде на виході об'єкта до того, як він з'явиться насправді.

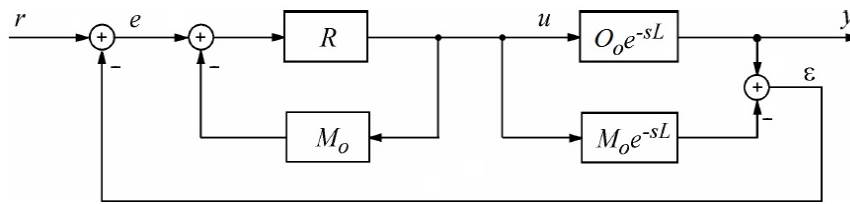


Рис. 1 – Система керування з предиктором Сміта

Розглянемо структурну схему системи керування, яку наведено на рис. 1, де R – звичайний ПД-регулятор, $O_o e^{-sL}$ – передавальна характеристика об'єкта керування.

Припустимо, що модель об'єкта є абсолютно точною. Тоді різниця сигналів на виході моделі і об'єкта буде дорівнювати нулю. У такому разі безпосередньо можна отримати:

$$y = O_o e^{-sL} \left(\frac{R}{1 + RM_o} \right) r = \left(\frac{O_o R}{1 + RM_o} e^{-sL} \right) r. \quad (2)$$

У виразі (2) $\frac{O_o R}{1 + RM_o}$ являє собою передавальну функцію системи без транспортного запізнення. Якщо різниця сигналів на виході моделі і об'єкта не дорівнюватиме нулю, тоді рівняння (2) буде мати вигляд:

$$y = \left[\frac{O_o R}{1 + RM_o + R(O_o - M_o)e^{-sL}} r \right] e^{-sL}. \quad (3)$$

Очевидно, що зі зростанням точності моделі різниця $(O_o - M_o)$ в знаменнику прагне до нуля і з передавальної функції виключається транспортне запізнення, яке тільки додається до отриманого результату керування.

Налаштування параметрів системи керування здійснюється у відповідності до методу Циглера-Нікольса. Результати чисельного моделювання свідчать про ефективність запропонованого підходу до розв'язання задачі керування об'єктами з транспортним запізненням.

Список літератури:

1. Громов Ю. Ю. Системи автоматичного управління з запізненням. Навчальний посібник / Ю. Ю. Громов, Н. А. Земська, А. В. Лагутін, О. Г. Іванова. – Тамбов: вид-во Тамб. держ. техн. ун-ту, 2007. – 76 с.
2. Бейкер Дж. Апроксимації Паде. / Дж. Бейкер, П. Грейвс-Моріс. – М: Мир, 1986. – 502 с.
3. Литюга А. М. Теоретические основы построения эффективных АСУ ТП / А. М. Литюга, Н. В. Клиначёв, В. М. Мазуров. – Тула, Челябинськ, 2002. – 216 с.
4. Smith O. J. M. A controller to overcome dead time / O. J. M. Smith // ISA. – 1959. vol.6. – p. 28-33.